

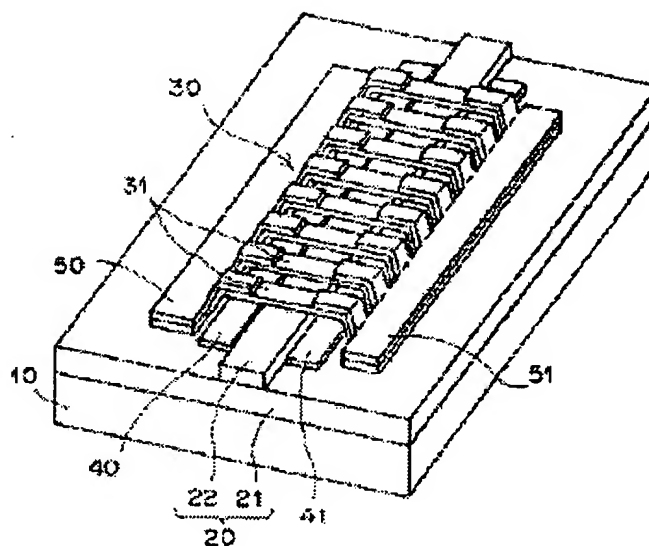
OPTICAL MODULATION ELEMENT AND ITS FABRICATING METHOD

Patent number: JP2003195200
Publication date: 2003-07-09
Inventor: TSURUMA ISAO
Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD
Classification:
- international: G02B26/08; G02B5/18; G02B6/122
- european:
Application number: JP20010391862 20011225
Priority number(s):

Abstract of JP2003195200

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optical modulation element which is capable of modulating and switching light propagated in a light guide and reducible in element size and has high light use efficiency and causes neither operation unstableness nor breakage due to heat generation.

SOLUTION: The optical modulation element has the light guide formed on a substrate 10 and is provided with a flexible diffraction grating 30 which has its grating array along the light guide 20 and freely moves between an operation position where the grating diffracts guided light in contact with or nearby the light guide 20 and a retraction position where the grating is too far away from the light guide 20 to diffract the guided light and lower electrodes 40 and 41 and upper electrodes 50 and 51 for applying an electric field for moving the diffraction grating 30 from the standby position to the operation position or vice versa, for example, with an electrostatic force.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-195200
(P2003-195200A)

(43) 公開日 平成15年7月9日 (2003.7.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	J 2 H 0 4 1
5/18		5/18	2 H 0 4 7
6/122		6/12	D 2 H 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-391862 (P2001-391862)
(22) 出願日 平成13年12月25日 (2001. 12. 25)

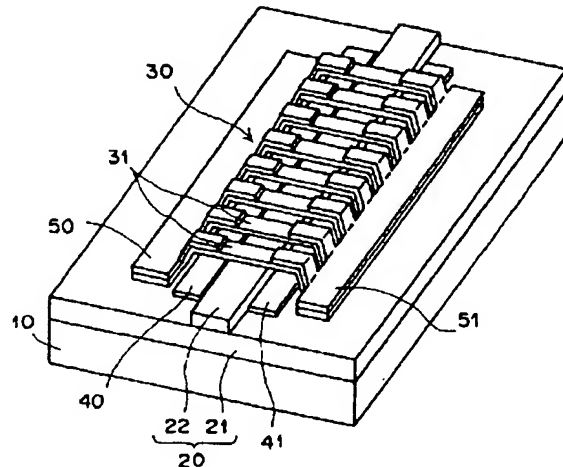
(71) 出願人 000005201
富士写真フイルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地
(72) 発明者 鶴間 功
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
(74) 代理人 100073184
弁理士 柳田 征史 (外1名)
F タ-ム (参考) 2H041 AA23 AB38 AC06 AZ01 AZ08
2H047 KA03 KB06 LA03 MA01 MA05
NA10 PA04 PA05 PA24 PA30
QA02 RA08 TA01 TA11 TA41
2H049 AA50 AA51 AA59 AA62 AA68

(54) 【発明の名称】 光変調素子およびその作製方法

(57) 【要約】

【課題】 光導波路を伝搬する光を変調、スイッチングすることが可能で、素子サイズを小さくすることができ、光利用効率が高く、そして発熱による動作不安定および破壊の問題を招くことのない光変調素子を得る。

【解決手段】 基板10上に光導波路20を形成するとともに、格子並び方向がこの光導波路20に沿う状態にして、該光導波路20に密接または近接して導波光を回折させる作用位置と、該光導波路20から大きく離れて導波光を回折させることができない退避位置との間で移動自在とされた可撓性の回折格子30と、該回折格子30を例えば静電力によって退避位置から作用位置に、あるいはその反対に移動させる電界を加えるための下部電極40、41および上部電極50、51とを設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、

この基板上あるいはその表面に形成された光導波路と、格子並び方向がこの光導波路に沿う向きにして前記基板上に配設され、該光導波路に密接または近接して導波光を回折させる作用位置と、該光導波路から大きく離れて導波光を回折させることができない退避位置との間で移動自在とされた可撓性の回折格子と、前記基板上に形成され、前記回折格子を前記退避位置から前記作用位置に、あるいは作用位置から退避位置に移動させる電界を加えるための電極とからなる光変調素子。

【請求項2】 前記回折格子が、両端部が前記基板に一体化され、それらの端部の間の部分が前記基板から浮いて光導波路を跨ぐ状態に形成され、前記電極が、前記光導波路の近傍において前記回折格子の基板から浮いた部分に基板側から対面する下部電極と、この下部電極に回折格子を介して対面する上部電極とから構成されていることを特徴とする請求項1記載の光変調素子。

【請求項3】 前記上部電極が、前記光導波路に対面する位置から外れて配設されていることを特徴とする請求項2記載の光変調素子。

【請求項4】 前記光導波路が3次元光導波路であることを特徴とする請求項1から3いずれか1項記載の光変調素子。

【請求項5】 前記回折格子が、前記電界が生じる静電力によって前記退避位置と前記作用位置との間を移動するものであることを特徴とする請求項1から4いずれか1項記載の光変調素子。

【請求項6】 請求項2から5いずれか1項記載の光変調素子を作製する方法において、前記基板上に光導波路および、この光導波路の近傍位置に配された下部電極を形成し、前記光導波路および下部電極を覆う犠牲層を形成し、この犠牲層の上に前記回折格子および上部電極を形成し、その後前記犠牲層を除去することを特徴とする光変調素子の作製方法。

【請求項7】 前記犠牲層の上に前記回折格子の材料層および上部電極の材料層をそれぞれ一様に形成し、その後これらの材料層を所定の格子パターンに加工し、前記上部電極の材料層を、光導波路に対面する部分は除去して上部電極を形成することを特徴とする請求項6記載の光変調素子の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光変調素子に関し、特に詳細には、光導波路を導波する光をそこに密接または近接させた回折格子によって光導波路外に放射させる

ようにした光変調素子に関するものである。

【0002】また本発明は、上述のような光変調素子を作製する方法に関するものである。

【0003】

【従来の技術】従来、光導波路を伝搬する光を変調あるいはスイッチングする素子として、電気光学効果を利用したマッハツェンダー型素子や、方向性結合器等のソリッドステートデバイスが多く利用されて来た。この種の素子は可動部分が無く、高速動作が可能であるが、素子材料が電気光学効果を有するものに限られるという難点がある。またこの種の素子は、光導波路を曲げて形成する必要があることから、ある程度長い光路長が求められ、そのために素子サイズが大きくなりやすい、光導波路の曲がり部分で伝搬損が生じるので光利用効率が低い、といった問題がある。

【0004】また近時、MEMS (micro electro mechanical system) 技術を用いた微小光変調素子が種々提案されている。例えばR.M.Boysel et al., SPIE Integrated Optics and Microstructures, vol. 1793, pp34-39(1992)や、G.A.Magel, SPIE Integrated Optics and Microstructures III, vol. 2686, pp54-63(1996)には、光導波路を伝搬する光を該光導波路に接触させた金属薄膜に吸収させて変調、スイッチングする素子が提案されている。この光変調素子は、光導波路を曲げる必要がないことから、上述の問題を防止できるものとなっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記の金属薄膜を利用する光変調素子においては、金属薄膜に吸収された光が熱に変換されるために、熱膨張等の影響で動作が不安定になる、高強度の光を使用する場合は熱によって素子が破壊してしまう等の問題が認められている。

【0006】本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、光導波路を伝搬する光を変調、スイッチングすることが可能で、素子サイズを小さくすることができ、光利用効率が高く、そして発熱による動作不安定および破壊の問題を招くことのない光変調素子を提供することを目的とする。

【0007】また本発明は、そのような光変調素子を作製可能な方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による光変調素子は、基板と、この基板上あるいはその表面に形成された光導波路と、格子並び方向がこの光導波路に沿う向きにして前記基板上に配設され、該光導波路に密接または近接して導波光を回折させる作用位置と、該光導波路から大きく離れて導波光を回折させることができない退避位置との間で移動自在とされた可撓性の回折格子と、前記基板上に形成され、前記回折格子を前記退避位置から前記作用位置に、あるいは作用位置から退避位置に移動させる電界を加えるための電極とを備えてなることを特徴

とするものである。

【0009】上記の構成において回折格子は、その両端部が基板に一体化され、それらの端部の間の部分が基板から浮いて光導波路を跨ぐ状態に形成された上で、電極が、光導波路の近傍において回折格子の基板から浮いた部分に基板側から対面する下部電極と、この下部電極に回折格子を介して対面する上部電極とから構成されることが好ましい。その場合上部電極は、光導波路に対面する位置から外れて配設されていることが望ましい。

【0010】また本発明の光変調素子において、光導波路は3次元光導波路であることが望ましい。

【0011】また上記回折格子は、前記電界が生じる静電力によって上記退避位置と作用位置との間を移動するものであることが望ましい。

【0012】一方、本発明による光変調素子の作製方法は、電場印加用の電極が上述のような下部電極および上部電極から構成されてなる光変調素子を作製する方法において、前記基板上に光導波路および、この光導波路の近傍位置に配された下部電極を形成し、前記光導波路および下部電極を覆う犠牲層を形成し、この犠牲層の上に前記回折格子および上部電極を形成し、その後前記犠牲層を除去することを特徴とするものである。

【0013】なおこの光変調素子の作製方法においては、前記犠牲層の上に前記回折格子の材料層および上部電極の材料層をそれぞれ一様に形成し、その後これらの材料層を所定の格子パターンに加工し、前記上部電極の材料層を、光導波路に対面する部分は除去して上部電極を形成するのが好ましい。

【0014】

【発明の効果】上記構成の本発明による光変調素子においては、電極を介して印加される電界をON-OFFして、回折格子に作用する例えば静電力を制御することにより、可撓性の回折格子を作用位置と退避位置のいずれかに選択的に設定することができる。回折格子が作用位置にある場合は、光導波路を伝搬する導波光がその回折格子と結合して回折し、光導波路外に放射される。一方、回折格子が退避位置にある場合は、光導波路を伝搬する導波光は回折せずそのまま導波する。

【0015】したがって、例えば光導波路の出射端から出射する光を使用光とする場合は、上記電界のON-OFFに応じて使用光強度を大（回折格子が退避位置にあるとき）、小（回折格子が作用位置にあるとき）に切り換えて変調可能となる。また、回折格子で回折して放射される光を使用光とする場合は、反対に回折格子が作用位置にあるとき使用光強度を大、回折格子が退避位置にあるとき使用光強度を小に切り換えて変調可能となる。なおここで「使用光強度が小」ということは、使用光強度がゼロの場合も含むものとする。

【0016】また、強度大の使用光に着目すると、それは電界のON-OFFに応じて光導波路の出射端から、あるいは

は回折格子から出射することになるから、本素子は光の出射方向を切り替えるスイッチング素子として利用することも可能である。

【0017】以上の通り本発明の光変調素子は、光導波路を伝搬する光を回折格子によって光導波路外に放射させるか否かによって光変調するものであるから、光導波路を特に曲げる必要は無いものである。それによりこの光変調素子は、サイズを小さくすることができ、光導波路の曲がり部での損失が無くて光利用効率も高いものとなる。

【0018】また本発明の光変調素子は、光導波路に密接または近接させた回折格子で導波光を回折させるものであるから、光導波路に密接させた部材に光を吸収させる場合のような大きな発熱を招くことはない。よってこの光変調素子は、熱膨張等の影響で動作が不安定になることがなく、また高強度の光を使用する場合でも発熱による破壊を防止できる。

【0019】さらに本発明の光変調素子は、回折格子が微小であるからそれと光導波路との接触面積は極めて小さく、よって該回折格子と光導波路とが密着したままの状態になる、いわゆるスティッキングを起こすおそれも低いものとなる。

【0020】その上本発明の光変調素子は、上述の通り微小な回折格子を移動させるものであるから、可動部の重量および移動距離が小さいことにより、変調動作を高速度できるという効果も奏する。

【0021】なお特に上記回折格子が、その両端部が基板に一体化され、それらの端部の間の部分が基板から浮いて光導波路を跨ぐ状態に形成された上で、電極が、光導波路の近傍において回折格子の基板から浮いた部分に基板側から対面する下部電極と、この下部電極に回折格子を介して対面する上部電極とから構成された場合は、上記電界のON-OFFに応じて、回折格子の両端部の間の部分が光導波路に密接または近接し、あるいはそこから大きく離れるようになる。

【0022】この場合、上部電極が、光導波路に対面する位置から外れて配設されていれば、この上部電極が光導波路に接することによって発熱することを防止できる。

【0023】回折格子を上述のような構造とする場合、一般には常時つまり電界OFF時に回折格子が退避位置を取り、電界ON時に回折格子が作用位置を取るように構成するのが好ましいが、それと反対に回折格子が常時作用位置を取り、電界ON時に退避位置を取るようにしても構わない。

【0024】一方、本発明による光変調素子の作製方法においては、前述の通りの犠牲層を形成し、この犠牲層の上に回折格子および上部電極を形成し、その後犠牲層を除去するようにしているから、基板から浮いた部分を有する回折格子も容易に形成することができる。

【0025】そして回折格子は、多数の格子部が互いに間隙を置いて周期的に並んだ形状のものであるから、上記方法においては、それらの間隙を利用して犠牲層を容易に除去することができる。

【0026】なおこの本発明による光変調素子の作製方法において、特に犠牲層の上に回折格子の材料層および上部電極の材料層をそれぞれ一様に形成し、その後これらの材料層を所定の格子パターンに加工し、上部電極の材料層を、光導波路に対面する部分は除去して上部電極を形成する場合は、所定パターンの回折格子および、前述のように光導波路に接して発熱することのない上部電極を容易に形成可能となる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1と図2はそれぞれ、本発明の一実施の形態による光変調素子1の平面形状、斜視形状を示すものである。図示のようにこの光変調素子1は、Si基板10と、この基板10上に形成された3次元チャンネル光導波路20と、格子並び方向がこの光導波路20のコア22に沿う向きにして基板10上に配設された可撓性の回折格子30と、基板10上において上記コア22を間に挟む状態に形成された1対の下部電極40、41と、回折格子30の各格子部31の上面の一部に被着した部分をそれぞれ有する1対の上部電極50、51とから構成されている。

【0028】上記チャンネル光導波路20は、Si基板10の上に形成されたSiO₂からなるクラッド層21および、その上に形成されたSiN_xからなる直線状のコア22から構成されている。下部電極40、41および上部電極50、51は、本実施の形態ではAlから形成されている。なおこれらの電極は、一般に電極材料として用いられるその他の材料、例えばAu等から形成されてもよい。また回折格子30は一例として可撓性のSiN_x薄膜からなり、細い格子部31が所定周期で繰り返すパターンに形成されている。

【0029】次に図6および図7を参照して、上記光変調素子1の作製方法について説明する。なお図6は図1のA-A線に沿った断面の形状を示し、図7は図1のB-B線に沿った断面の形状を示している。

【0030】まず図6の(1)に示すように、Si基板10の上にSiO₂クラッド層21および、コアを形成するためのSiN_x膜22'を例えばプラズマCVDによって成膜する。次いでSiN_x膜コア22'を例えばドライエッチングによりエッチングすることにより、同図(2)に示すような直線状のコア22を形成する。なおこのとき、SiO₂クラッド層21も若干エッチングされる。

【0031】次に同図(3)に示すように、エッチングあるいはリフトオフによる通常のリソグラフィを用いて、クラッド層21の上においてコア22の両側に下部電極40、41を形成する。そしてその上に犠牲層レジスト33を塗布し、この犠牲層レジスト33を図6(4)および図7(1)に示

すように、コア22および下部電極40、41を覆う所定形状にパターンニングする。その後、この犠牲層レジスト33が溶解しないように例えば200℃×60分のハードベークを行なって、該犠牲層レジスト33のリフトオフに使用するレジストの溶剤、およびリフトオフ時にレジストを除去するために使用する溶剤への耐性を向上させる。

【0032】なお、この犠牲層レジスト33の厚さが、後述する回折格子30のON-OFF動作の変位量を決定するので、OFF時に回折格子30が光導波路20と光学的に結合しないよう、コア22上の犠牲層レジスト33のハードベーク後の厚さが、導波光の波長以上となるように条件を設定する。

【0033】次に図6(5)および図7(2)に示すように、スパッタ／リフトオフにより、格子部31が所定周期で繰り返すパターンを有するSiN_x薄膜からなる回折格子30および、その上に積層されたAlからなる上部電極層52を形成する。次に図6(6)および図7(3)に示すように、上部電極層52のコア22に対面する部分を通常のリソグラフィ／エッチングにより除去して、1対の上部電極50、51とする。

【0034】次いで基板10を所定の素子サイズに切断し、端面を研磨し、必要に応じて反射防止等のコーティングを施す。その後図6(7)および図7(4)に示すように、ハードベークした犠牲層レジスト33をO₂プラズマエッチングにより除去すると、本実施の形態の光変調素子1が完成する。

【0035】なお、犠牲層レジスト33の上に形成された回折格子30および上部電極50、51は、互いに間隙を置いて周期的に並ぶ部分を有するものであるから、この犠牲層レジスト33の除去はその間隙を利用して容易になされ得る。また、一旦この犠牲層レジスト33の上に回折格子30を形成した後、犠牲層レジスト33を除去するようにしているので、コア22から浮いた部分を有する回折格子30を容易に作製することができる。

【0036】以下、上記構成の光変調素子1の作用について説明する。図1に示すようにこの光変調素子1の下部電極40、41と上部電極50、51の間には、直流電源60からスイッチ61を介して電界が印加されるようになっていて、図2は、この光変調素子1のOFF状態、つまり下部電極40、41と上部電極50、51の間に電界が印加されない時の状態を示している。一方図3は、この光変調素子1のON状態、つまり下部電極40、41と上部電極50、51の間に電界が印加された時の状態を示している。なおこれらの図2および図3において、直流電源60およびスイッチ61は省略してある。

【0037】図4に側断面形状を示すように、被変調光としての例えばレーザー光Lは、光導波路20のコア22の一端から入射されて、そこを導波モードで伝搬する。上記のOFF状態では、同図に示すように、回折格子30の各格子部31が光導波路20のコア22から離れた位置（退避位

置)にあるので、導波するレーザ光は回折格子30と作用せず、そのままコア22の他端から出射する。

【0038】一方上記のON状態では、上部電極50、51と下部電極40、41との間に印加された電界によって回折格子30が静電力を受けて撓み、図5に側断面形状を示すように、回折格子30の各格子部31が光導波路20のコア22に密接する位置(作用位置)を取る。そこで、光導波路20のコア22を導波するレーザ光の大部分が回折格子30に結合し、該回折格子30から出射する。したがってコア22の他端からは、回折格子30と結合しなかった微弱なレーザ光のみが出射する。なお図4および図5の曲線a、bおよびcは、コア22あるいは回折格子30から出射するレーザ光の界分布を概略的に示している。

【0039】以上のようにして本実施の形態の光変調素子1においては、上部電極50、51と下部電極40、41との間に印加する電界をON-OFFすることにより、コア22の他端から出射する使用光としてのレーザ光の強度を可変可能となっている。この可変における消光比を大きく確保する上では、電界のON時により多くのレーザ光を回折格子30と結合させることが必要であり、そのためには、回折格子30の長さをより大きくすればよい。

【0040】以上説明の通りこの光変調素子1は、光導波路20のコア22を伝搬するレーザ光を回折格子30によって光導波路外に放射させるか否かによって光変調するものであるから、本素子1においては、光導波路のコア22を従来の方向性結合器等におけるように曲げる必要は特に無い。それによりこの光変調素子1は、サイズを小さくすることができ、コアの曲がり部での損失が無くて光利用効率も高いものとなる。

【0041】またこの光変調素子1は、光導波路20のコア22に密接させた回折格子30で導波光を回折させるものであるから、光導波路に密接させた部材に光を吸収させる場合のような大きな発熱を招くことはない。よってこの光変調素子1は、熱膨張等の影響で動作が不安定になることがなく、また高強度の光を使用する場合でも発熱による破壊を防止できる。

【0042】またこの光変調素子1は、微小な回折格子30と光導波路20のコア22との接触面積が極めて小さいので、それら両者が密着したままの状態になる、いわゆるスティッキングを起こすおそれもないものとなっている。またこの光変調素子1は、薄膜からなる微小な回折格子30を移動させて光変調するものであるから、可動部の重量および移動距離が小さいことにより、可変動作を高速化できるという効果も奏する。

【0043】さらに本実施の形態の光変調素子1においては、上部電極50、51が、光導波路20のコア22に対面する位置から外れて配設されているので、この上部電極50、51が回折格子30を介してコア22に接することによ

て発熱することも防止可能である。

【0044】なお、回折格子30から出射するレーザ光を使用光としてもよく、その場合は上記電界がONのときに使用光の強度が大となり、電界がOFFのときに使用光の強度がゼロとなる。

【0045】またこの光変調素子1においては、上記電界がOFFのときに強度大のレーザ光がコア22の他端から出射し、電界がONのときに強度大のレーザ光が回折格子30から出射するようになっているので、本素子1は光の出射方向を切り替えるスイッチング素子として利用することも可能である。

【0046】さらに、上記の実施の形態では、回折格子30を光導波路のコア22に密接させているが、回折格子30を光導波路のコア22に近接させて導波光を回折させる構成を採用することもできる。

【0047】また上記の実施の形態では、回折格子を退避位置に支持するために、回折格子および電極材のブリッジを使用しているが、別途支柱となる構造を作製し、そこに回折格子および電極を設置するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態による光変調素子を示す平面図

【図2】図1の光変調素子の電界OFF時の状態を示す斜視図

【図3】図1の光変調素子の電界ON時の状態を示す斜視図

【図4】図1の光変調素子の電界OFF時の状態を示す側断面図

【図5】図1の光変調素子の電界ON時の状態を示す側断面図

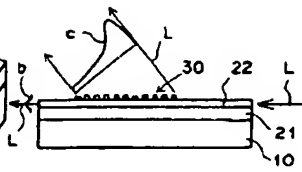
【図6】図1の光変調素子の作製方法を示す説明図

【図7】図1の光変調素子の作製方法を示す説明図

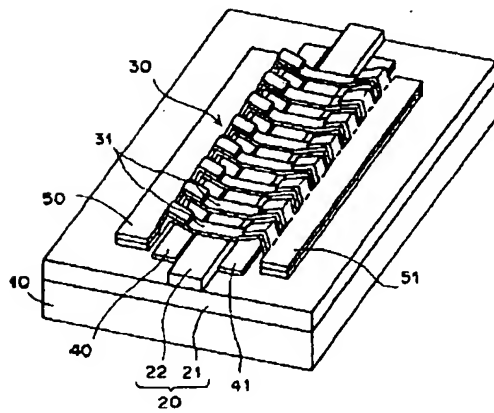
【符号の説明】

- 1 光変調素子
- 10 Si基板
- 20 チャンネル光導波路
- 21 クラッド層
- 22 コア
- 30 回折格子
- 31 回折格子の格子部
- 33 犠牲層レジスト
- 40、41 下部電極
- 50、51 上部電極
- 60 直流電源
- 61 スイッチ
- L レーザ光

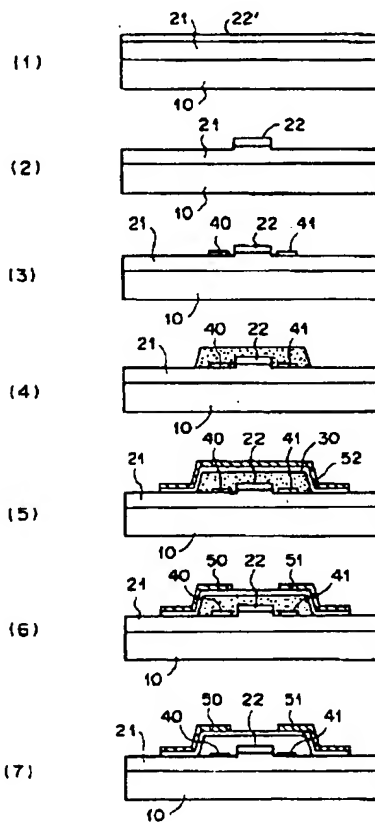
【図5】



【図3】



{ 1)



(2)

(3)

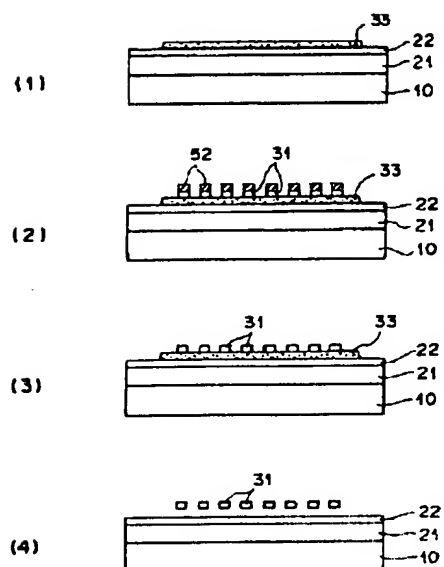
(4)

(5)

(6)

(7)

【図7】



DERWENT-ACC-NO: 2003-819521

DERWENT-WEEK: 200377

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Light modulator for switching light
that propagates optical waveguide has electrodes that
generate electric field which move flexible diffraction
grating between contact and separating positions

PATENT-ASSIGNEE: FUJI PHOTO FILM CO LTD[FUJF]

PRIORITY-DATA: 2001JP-0391862 (December 25, 2001)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PAGES	PUB-DATE	MAIN-IPC
JP 2003195200 A		July 9, 2003	N/A
007	G02B 026/08		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
JP2003195200A	N/A	
2001JP-0391862	December 25, 2001	

INT-CL (IPC): G02B005/18, G02B006/122 , G02B026/08

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2003195200A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - A flexible diffraction grating (30) is movable between position by which it makes intimate contact with optical waveguide to diffract waveguide light, and a separating position so as not to diffract waveguide light. Electrodes (40,41,50,51) generate electric field that moves the flexible diffraction grating between contact and separating

positions.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for the production method for light modulator.

USE - For switching light that propagates optical waveguide.

ADVANTAGE - Prevents operation instability and destruction due to heat emission. Enables effective light utilization.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a perspective diagram of the light modulator with the electric field at an OFF state.

Flexible diffraction grating 30

Electrodes 40,41,50,51

CHOSEN-DRAWING: Dwg.2/7

TITLE-TERMS: LIGHT MODULATE SWITCH LIGHT PROPAGATE OPTICAL
WAVEGUIDE ELECTRODE

GENERATE ELECTRIC FIELD MOVE FLEXIBLE
DIFFRACTED GRATING CONTACT
SEPARATE POSITION

DERWENT-CLASS: P81 V06 V07

EPI-CODES: V06-M06G1; V07-F02B; V07-G10C; V07-K01A;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2003-655689